

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 578 053**

(51) Int. Cl.:

**G01B 7/312** (2006.01)

**G01B 11/00** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- (96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2014 E 14177804 (3)**  
(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2833093**

---

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante**

(30) Prioridad:

**29.07.2013 DE 102013012443**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.07.2016**

(73) Titular/es:

**SIKORA AG (100.0%)  
Bruchweide 2  
28307 Bremen, DE**

(72) Inventor/es:

**SIKORA, HARALD y  
BREMER, KLAUS**

(74) Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 578 053 T3**

---

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante, en el que la tira conformada por medio del conductor con su envoltorio aislante se mueve a lo largo de una dirección de transporte. Además, la invención se refiere a un dispositivo correspondiente.

Se conocen procedimientos de medición en los que en un plano de medición común se mide con un dispositivo de medición inductivo la posición del conductor, y con un dispositivo de medición óptico se mide la posición del envoltorio aislante que rodea al conductor. A partir de ambas mediciones se determina la centralidad del conductor en el envoltorio envolvente. En este tipo de configuración resulta problemático el hecho de que los dispositivos de medición, como consecuencia de su disposición en el mismo plano de medición, pueden interferir el uno al otro. Esta circunstancia se refuerza aún más cuando, tal y como se requiere frecuentemente, se emplean dos dispositivos de medición ópticos.

Por el documento DE 25 177 09 C3 se conoce el denominado aparato para la medición de la centralidad WANDEXE de la solicitante, con dos aparatos ópticos de comprobación del diámetro, que están dispuestos desplazados uno respecto al otro 90° en un cabezal de medición, y un circuito de medición inductivo dispuesto en el mismo plano de medición que los aparatos ópticos de comprobación de diámetro. Por el documento EP 1 495 284 B1 se conocen un sistema y un procedimiento sin contacto para la medición de la centralidad y del diámetro de una tira. En este caso se mide en un plano de medición óptico por medio de un dispositivo de medición óptico la posición de la tira. En un primer plano de medición inductivo que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por delante del plano de medición óptico se mide por medio de un dispositivo de medición inductivo la posición del conductor. En un segundo plano de medición inductivo que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por detrás del plano de medición óptico se mide con un segundo dispositivo de medición inductivo, así mismo, la posición de conductor. Las posiciones medidas de modo inductivo del conductor se relacionan entre ellas de tal manera que resulta una posición del conductor en el plano de medición óptico. A partir de esta posición determinada del conductor y de la posición medida de la tira en el plano de medición óptico se determina, entre otras cosas, la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

El documento US 2008/282565 A1 da a conocer un dispositivo para la determinación de la desviación central de un conductor en el interior de un envoltorio de aislamiento. En este caso, por medio de dispositivos de medición ópticos y magnéticos se definen tres planos de medición que son perpendiculares a la dirección de transporte del conductor. 35 Opcionalmente, están previstos dos planos de medición para determinar la posición del conductor, y está previsto un plano de medición para determinar la posición del envoltorio aislante, o bien están previstos dos planos de medición para determinar la posición del envoltorio aislante y está previsto un plano de medición para determinar la posición del conductor. El documento US 5 528 141 A describe así mismo un dispositivo para la determinación de la posición central de un conductor en un envoltorio envolvente, que prevé dos medios de medición inductivos en lados 40 opuestos del conductor, así como un medio de medición óptico.

En los sistemas y procedimientos conocidos se producen errores de medición en caso de una curvatura de la tira, frecuentemente ocasionada por el pandeo de un conductor. De este modo, en caso de una curvatura de este tipo, la posición del conductor derivada de las mediciones inductivas en el plano de medición óptimo no coincide con la 45 posición real del conductor en el plano de medición óptico. En tanto que la tira posea su curvatura máxima en la región del plano de medición óptico, entonces los dispositivos de medición inductivos miden las mismas posiciones del conductor. Éstas, sin embargo, no se corresponden, como consecuencia de la curvatura de la tira, con la posición del conductor en el plano de medición óptico. También se producen este tipo de errores cuando la curvatura de la tira posee su máximo no en la región del plano de medición óptico, sino desplazado respecto a ésta en la 50 dirección de transporte. En este caso, por medio de los dispositivos de medición inductivos se determinan diferentes posiciones del conductor. Sin embargo, tampoco en este caso, como consecuencia de la curvatura (asimétrica), no coincide una posición derivada del conductor en el plano de medición con la posición real del conductor. Como consecuencia de las posiciones determinadas incorrectamente del conductor en el plano de medición, también la centralidad determinada es errónea.

55 El error de medición depende del radio de curvatura de la tira. Por ejemplo, con una distancia de 2 m entre los rodillos de apoyo que llevan la tira, en la práctica puede resultar un radio de curvatura de, por ejemplo, 10 m. Gracias a ello se ocasionan errores de medición en el intervalo de 20 µm. Una compensación de la curvatura de la tira por medio de un mayor número de rodillos de apoyo no es posible en la práctica. Adicionalmente, resulta

entonces un curso finalmente ondulado de la tira, y como ello una situación de medición indefinida, que lleva a un error no calculable. La curvatura de la tira tampoco se puede evitar por medio de una elevación arbitraria de una fuerza de tracción ejercida sobre la tira. De este modo, la tira y, en particular, su conductor, alcanzan ya antes de una eliminación completa de la curvatura su límite de elasticidad por medio del estiraje.

5

Partiendo del estado de la técnica explicado, la invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento y un dispositivo del tipo mencionado al comienzo, con los que incluso en el caso de una curvatura de la tira se pueda determinar de un modo fiable la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

10 La invención consigue el objetivo por medio de los objetos de las reivindicaciones independientes 1 y 12. Las configuraciones ventajosas se encuentran en las reivindicaciones dependientes, en la descripción y en las figuras.

La invención consigue el objetivo, por un lado, por medio de un procedimiento para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante, en el que la tira conformada por medio del conductor con su envoltorio

15 aislante se mueve a lo largo de la dirección de transporte, comprendiendo los siguientes pasos:

- en un plano de medición inductivo se mide la posición del conductor por medio de un dispositivo de medición inductivo,

20 - en un primer plano de medición óptico que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por delante del plano de medición inductivo, se determina por medio de al menos un primer dispositivo de medición óptico la posición de la tira,

25 - en un segundo plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por detrás del plano de medición inductivo, se determina por medio de al menos un segundo dispositivo de medición óptico la posición de la tira,

30 - las posiciones determinadas en el primer y en el segundo plano de medición óptico de la tira se relacionan entre ellas de tal manera que resulta la posición de la tira en el plano de medición inductivo, y

35 - a partir de esta posición resultante de la tira en el plano de medición inductivo, y a partir de la posición determinada del conductor en el plano de medición inductivo se determina la centralidad del conductor en un envoltorio aislante,

40 - realizándose en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico una medición óptica con resolución local, por un lado perpendicular a la dirección de transporte, y por otro lado en la dirección de transporte, de tal manera que se reconoce una posición inclinada y/o una curvatura de la tira respecto a la dirección de transporte, en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, teniéndose en cuenta una posición inclinada y/o una curvatura de este tipo en la determinación de la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

40

45 La invención consigue el objetivo, por otro lado, por medio de un dispositivo para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante, en el que la tira conformada por medio del conductor con su envoltorio aislante se mueve a lo largo de una dirección de transporte, comprendiendo:

50 - un dispositivo de medición inductivo dispuesto en un plano de medición inductivo para la determinación de la posición del conductor en el plano de medición inductivo,

55 - al menos un primer dispositivo de medición óptico dispuesto en un primer plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por delante del plano de medición inductivo, para la determinación de la posición de la tira en el primer plano de medición óptico,

60 - al menos un segundo dispositivo de medición óptico dispuesto en un segundo plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte de la tira por detrás del plano de medición inductivo, para la determinación de la posición de la tira en el segundo plano de medición óptico,

65 - un dispositivo de evaluación, que está conformado para relacionar entre ellas las posiciones de la tira determinadas en el primer y en el segundo plano de medición óptico, de tal manera que resulte una posición de la tira en el plano de medición inductivo, y para determinar a partir de esta posición resultante de la tira en el plano de medición inductivo y a partir de la posición del conductor determinado en el plano de medición inductivo la centralidad del

conductor en el envoltorio aislante,

- en el que al menos un primer dispositivo de medición óptico y/o al menos un segundo dispositivo de medición óptico están conformados de tal manera que llevan a cabo en el primer plano de medición óptica y/o en el segundo plano de medición óptica una medición óptica con resolución local, por un lado de modo perpendicular a la dirección de transporte, y por otro lado en la dirección de transporte, de tal manera que se reconozca una posición inclinada y/o una curvatura de la tira respecto a la dirección de transporte en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, y en el que el dispositivo de evaluación además esté conformado para tener en cuenta una posición inclinada y/o curvatura de este tipo en la determinación de la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

El conductor eléctrico, de modo conocido, está rodeado por un envoltorio aislante, que ha sido aplicado, por ejemplo, en un procedimiento de extrusión. El conductor con su envoltorio aislante conforma una tira que se mueve a lo largo de un dispositivo de transporte. El transporte de la tira se realiza en este caso fundamentalmente a lo largo de una dirección de transporte recta. Tal y como se ha explicado al comienzo, en la práctica, sin embargo, se producen inevitablemente desviaciones del movimiento de tira respecto a la dirección de transporte recta, en particular se produce una curvatura de la tira. Esto puede ser tanto un pandeo como también una curvatura abombada hacia arriba de la tira.

- 20 Para, a pesar de ello, poder determinar de modo fiable la centralidad del conductor en el envoltorio aislante, según la invención se realiza según la invención, por un lado, una inversión respecto al principio de medición explicado anteriormente que pertenece al estado de la técnica. De este modo, según la invención, se determina una medición óptica de la posición de la tira por delante y por detrás de un plano de medición inductivo, y a partir de ello se determina una posición de la tira en el plano de medición inductivo. A partir de esta posición de la tira y de la posición del conductor medida de modo inductivo en el plano de medición inductivo se determina la centralidad. La determinación de la centralidad se puede realizar fundamentalmente tal y como se conoce a partir del estado de la técnica. En particular, la posición del conductor medida de modo inductivo en el plano de medición inductivo se puede relacionar adicionalmente, de modo conocido en el estado de la técnica, con la posición determinada de la tira en el plano de medición inductivo. En el caso de los sensores inductivos se puede tratar, en particular, de sensores inductivos pasivos. En este caso, se puede generar en el conductor una corriente alterna de alta frecuencia, por ejemplo se puede inducir, que genere en el conductor una corriente alterna de alta frecuencia. Los campos alternativos magnéticos generados por la corriente alterna de alta frecuencia son medidos entonces por los sensores inductivos pasivos.
- 35 Invirtiendo el principio de medición respecto al estado de la técnica explicado anteriormente se hace posible el principio conforme a la invención de llevar a cabo una medición óptica con resolución local en al menos uno de los planos de medición ópticos, preferentemente en los dos planos de medición ópticos, de tal manera que se reconozca una posición inclinada o una curvatura que se produzca eventualmente en el primer y/o en el segundo plano de medición óptico. Así mismo, para incrementar la precisión, en particular en el primer plano de medición óptico y en el segundo plano de medición óptico, se puede llevar a cabo una medición óptica con resolución local, de tal manera que se reconozca una posición inclinada y/o una curvatura de la tira respecto a la dirección de transporte, en particular en el primer plano de medición óptico y en el segundo plano de medición óptico.

Al menos uno de los dispositivos de medición ópticos, preferentemente los dos dispositivos de medición ópticos, miden con resolución local, por un lado de modo perpendicular a la dirección de transporte, y por otro lado en la posición de transporte, la posición de la tira, en particular la posición de los bordes del envoltorio aislante, es decir, de modo bidimensional. Se puede llevar a cabo una medición de bordes de sombra, conocida de por sí, con la que se reproducen los bordes de sombra del envoltorio aislante sobre sensores ópticos. La determinación de las posiciones de los bordes se puede llevar a cabo por medio de un análisis de borde de difracción, tal y como se describe, por ejemplo, en el documento EP 0 924 493 B1. A partir de las posiciones de los bordes del envoltorio aislante determinadas con resolución local también en la dirección de transporte de la tira, se puede reconocer una posición inclinada o una inclinación de la tira en la región del primer o del segundo borde de medición óptico. Ésta se puede tener en cuenta en la determinación de la centralidad. También es posible compensar errores de medición en la evaluación a partir de una curvatura de la tira.

- 55 A partir de una posición inclinada y/o una curvatura de la tira respecto a la dirección de transporte en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, se puede elaborar una posición corregida de la tira en el plano de medición inductivo, a partir de lo cual se determina la centralidad del conductor en el envoltorio aislante. En esta configuración, así pues, se toma como base en el plano de medición inductivo una posición de la

tira corregida a partir de la posición inclinada y/o curvatura de la tira reconocida. Se compensa un error de medición ocasionado, por ejemplo, por medio de un pandeo, y una curvatura generada con ello.

- Según la invención no se intenta evitar una curvatura de la tira por medio de medidas adicionales, ya que esto, tal y como se ha explicado al comienzo, no es posible completamente en cualquier caso, y consigue una situación de medición indefinida. Por el contrario, se acepta la curvatura de la tira, se reconoce desde el punto de vista de la técnica de medición, y se tiene en cuenta en la evaluación posterior. Según la invención se da una situación de medición definida de modo unívoco, y la centralidad del conductor en el envoltorio aislante determinada tomando esto como base es fiable en todo momento.
- Según otra configuración, puede estar previsto que se determine a partir de la medición óptica llevada a cabo en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico un radio de curvatura o un diámetro de curvatura de la tira, a partir de lo cual se elabora la posición corregida de la tira en el plano de medición inductivo. En esta configuración se supone como aproximación que una curvatura de la tira, por ejemplo, como consecuencia de un pandeo, transcurra al menos en la sección de medición limitada por medio de los planos de medición ópticos a lo largo de una forma circular. La suposición de un transcurso en forma circular lleva a una situación de medición definida de modo unívoco, y puede ser tomada en cuenta en el curso de la evaluación de un modo sencillo y rápido. Además se ha mostrado que la suposición aproximada de un transcurso en forma circular lleva a resultados de medición fiables.
- Según otra configuración puede estar previsto que el radio de curvatura o el diámetro de curvatura de la tira se determine conformando un círculo respecto al cual en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico las curvaturas reconocidas de la tira conformen segmentos circulares, seleccionándose como radio de curvatura o diámetro de curvatura el radio o el diámetro de este círculo. Como punto medio del círculo sirve un punto de corte de dos radiales respecto a las curvaturas de la tira medidas en el primer y en el segundo plano de medición óptico. Un círculo de este tipo se puede determinar geométricamente a partir de tres puntos que se encuentren en el círculo. Con ello, para la determinación del círculo es fundamentalmente suficiente cuando en uno de los dos planos de medición ópticos se realiza una medición con resolución local bidimensional (por ejemplo con un sensor óptico de dos líneas), mientras que en el otro plano de medición óptico sólo se lleva a cabo una medición con resolución local de una dimensión (por ejemplo con un sensor óptico de una línea). Para mejorar la precisión en la determinación del círculo, sin embargo, se prefiere que en cada uno de los dos planos de medición ópticos se lleve a cabo una medición con resolución local bidimensional (por ejemplo en cada uno de ellos con un sensor óptico de dos líneas).
- Adicionalmente puede estar previsto que se determine el radio de curvatura o el diámetro de curvatura en una posición inclinada de la tira en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, realizándose para ello una perpendicular sobre las posiciones inclinadas determinadas de la tira, y seleccionándose el punto de corte de la perpendicular como punto central de un círculo, respecto al que las posiciones inclinadas reconocidas de la tira conforman respectivamente tangentes o cuerdas, seleccionándose como radio de curvatura o diámetro de curvatura el radio o el diámetro de este círculo.

Las radiales respecto a las curvaturas reconocidas, dado el caso, de la tira en el primer y en el segundo plano de medición óptico, o bien las perpendiculares respecto, dado el caso, a las posiciones inclinadas de la tira reconocidas en el primer y en el segundo plano de medición óptico se cortan en un punto. Este punto de corte se toma en las configuraciones mencionadas anteriormente como centro de un círculo respecto al que las curvaturas medidas de la tira conforman segmentos circulares, o bien las posiciones inclinadas medidas de la tira conforman tangentes o cuerdas. En este caso, las tangentes están en contacto con el punto de corte de las perpendiculares con las posiciones inclinadas medidas de la tira. En tanto que se conformen cuerdas, éstas transcurren entre los puntos finales medidos de las posiciones inclinadas. Así pues, se determina mediante cálculo el círculo que aproxima de la mejor manera posible el transcurso de la tira, en particular su curvatura, al menos en la sección de medición limitada por medio de los planos de medición ópticos. A partir del diámetro o bien del radio de este círculo se puede determinar mediante cálculo la posición de la tira en puntos fundamentalmente arbitrarios entre los planos de medición ópticos, es decir, en particular, en el plano de medición inductivo. Tomando como base esta posición de la tira se puede determinar a continuación de un modo fiable a partir de los resultados del dispositivo de medición inductivo la centralidad del conductor en el envoltorio aislante. Las operaciones de cálculo explicadas anteriormente son de por sí conocidas para los técnicos.

El plano de medición inductivo y/o el primer plano de medición óptico y/o el segundo plano de medición óptico pueden estar perpendiculares respecto a la dirección de transporte de la tira. Así pues, se realiza una medición en

una dirección perpendicular a la dirección de transporte de la tira. En la presente solicitud se habla de planos de medición. Se hace referencia al hecho de que, en particular, a partir de la medición óptica con resolución local también en la dirección de transporte, se mide en regiones de medición extendidas en la dirección de transporte. Esto también es válido, como consecuencia de la extensión espacial del dispositivo de medición inductivo, para el 5 plano de medición inductivo. En este caso se puede tomar como plano de medición, respectivamente, un plano que se encuentra, visto en la dirección de transporte, centrado en la región de medición.

La tira puede estar apoyada a lo largo de su dirección de transporte por medio de varios elementos de apoyo, preferentemente por medio de varios rodillos de apoyo, pudiendo estar dispuestos los elementos de apoyo que 10 preceden directamente al plano de medición inductivo y los elementos de apoyo que van directamente a continuación guardando una simetría especular respecto al plano de medición inductivo. Por medio de una disposición simétrica de este tipo en relación al plano de medición inductivo de los elementos de apoyo se genera la curvatura máxima de la tira en la región del plano de medición inductivo. Los dispositivos de medición ópticos miden entonces en los planos de medición ópticos posiciones inclinadas o bien curvaturas que guardan simetría especular 15 respecto al plano de medición inductivo. El centro del círculo determinado, por ejemplo, del modo explicado anteriormente está en el plano de medición inductivo. Esto simplifica la evaluación. En tanto que, por ejemplo, por razones constructivas, la curvatura máxima de la tira no se encuentre en el plano de medición inductivo, entonces esto se puede considerar igualmente en el curso de la evaluación. Los dispositivos de medición ópticos miden entonces 20 posiciones de la tira sin simetría especular en los dos planos de medición ópticos. El centro del círculo determinado del modo explicado anteriormente se encuentra, visto en la dirección de transporte, por delante o por detrás del plano de medición inductivo.

Adicionalmente puede estar previsto que el al menos un primer dispositivo de medición óptico y/o el al menos 25 segundo dispositivo de medición óptico comprendan (cada uno de ellos) al menos una fuente de radiación óptica y al menos un sensor óptico con resolución local bidimensional. Los sensores ópticos con resolución local bidimensionales pueden estar conformados (cada uno de ellos) a partir de dos filas de sensores ópticos dispuestas una junto a la otra. También es posible el uso de un array de sensores bidimensional con más de dos filas de sensores. También se pueden emplear sensores de imagen de otro tipo. Lo decisivo es que sea posible una medición con resolución local bidimensional, y con ello un reconocimiento de una posición inclinada y/o curvatura de 30 la tira en uno o en los dos planos de medición ópticos. Según la invención, en el primer y en el segundo plano de medición óptico también pueden estar previstos, en cada uno de ellos, dos o más de dos, por ejemplo tres o cuatro, dispositivos de medición ópticos, que están dispuestos desplazados entre ellos con un ángulo determinado, por ejemplo 90°, 60° o 45°. Entonces todos los dispositivos de medición ópticos de uno o de los dos planos de medición ópticos pueden medir con resolución local de modo bidimensional. También pueden estar previstos en el plano de 35 medición inductivo más de un dispositivo de medición inductivo, por ejemplo dos dispositivos de medición inductivos, que miden desplazados entre ellos en un ángulo de, por ejemplo, 90°. De este modo se puede medir la centralidad del conductor en el envoltorio aislante en varias direcciones alrededor de la tira. Con un número suficiente de dispositivos de medición ópticos también se puede reconocer una ovalidad de la tira. La selección del dispositivo de medición óptico y, en particular, de los sensores ópticos, tiene una influencia sobre la pregunta de si los dispositivos 40 de medición ópticos pueden diferenciar entre una posición inclinada y una curvatura. Esto depende de la resolución local de la medición óptica, en particular, en la dirección de transporte de la tira. En tanto que los dispositivos de medición ópticos comprendan cada uno de ellos sólo uno de los dos sensores ópticos dispuestos uno junto al otro y conformados con filas de sensores orientados con su extensión longitudinal perpendicular respecto a la dirección de transporte de la tira, también se mide una posición inclinada en caso de una curvatura de la tira, ya que en la 45 dirección de transporte sólo se encuentran dos campos de medición. El comportamiento es otro en el caso de una mayor resolución local en la dirección de transporte, es decir, cuando los sensores ópticos, por ejemplo, comprenden un array de sensores bidimensional compuesto por más de dos filas de sensores dispuestas una junto a la otra. Entonces se puede medir una curvatura de la tira.

50 Naturalmente, en cada uno de los planos de medición ópticos pueden estar previstos varias fuentes de radiación ópticas y varios sensores ópticos, por ejemplo desplazados uno respecto al otro 90°. Con ello se pueden conseguir simplificaciones adicionales en la evaluación, tal y como está descrito fundamentalmente en el documento EP 0 924 493 B1. Tal y como se conoce, adicionalmente, el dispositivo de medición inductivo puede comprender al menos dos bobinas exploradoras inductivas, que están dispuestas por parejas entre ellas en el plano de medición inductivo.

55 Un ejemplo de realización de la invención se explica a continuación con más detalle a partir de las figuras. Se muestra, de modo esquemático:

Figura 1 un dispositivo conforme a la invención en una primera situación de medida,

Figura 2 el dispositivo de la Figura 1 en una segunda situación de medida,

Figura 3 el dispositivo de la Figura 1 en una tercera situación de medida,

5 Figura 4 una representación aumentada de una parte de la Figura 3,

Figura 5 otra situación de medida, y

10 Figura 6 un diagrama para representar el error de medida en una curvatura de una tira medida.

En tanto que no se indique otra cosa, los símbolos de referencia iguales en las Figuras designan los mismos objetos. El dispositivo conforme a la invención mostrado en las Figuras 1 y 2 presenta un dispositivo de medición inductivo dispuesto en un plano de medición inductivo, que en el ejemplo mostrado comprende una bobina exploradora 10 inductiva superior y una bobina exploradora 12 inductiva inferior, que están dispuestas por parejas entre ellas. Entre las bobinas exploradoras 10, 12 transcurre en la parte central una dirección de transporte 14 prevista representada con líneas de trazos de una tira 28, conformada por un conductor eléctrico con un envoltorio aislante. En la dirección de transporte por delante de las bobinas exploradoras 10, 12 inductivas se encuentra en un primer plano de medición óptico un primer dispositivo de medición óptico 16. En el dispositivo de transporte por detrás de las bobinas 15 exploradoras 10, 12 inductivas se encuentra en un segundo plano de medición óptico un segundo dispositivo de medición óptico 18. Los dispositivos de medición ópticos 16, 18 comprenden al menos una fuente de radiación óptica y al menos un sensor óptico con resolución local bidimensional, conformado, por ejemplo, a partir de dos o más líneas de sensores dispuestas una junto a la otra. Tal y como se puede reconocer en la Figura 1, el dispositivo de medición inductivo y los dispositivos de medición ópticos están extendidos espacialmente respectivamente vistos 20 en la dirección de transporte 14 de la tira 28. Los planos de medición correspondientes se encuentran, referidos a la extensión espacial de los dispositivos de medición, en la parte central de estos, y perpendiculares a la dirección de transporte 14. El dispositivo de transporte 14 conforma al mismo tiempo el eje de simetría de los dispositivos de medición. El dispositivo conforme a la invención comprende además un dispositivo de evaluación mostrado con el símbolo de referencia 20, al que además pertenece un dispositivo 22 para la determinación de la posición de los 25 bordes de la tira en el primer plano de medición óptico, y un dispositivo 24 para la determinación de la posición de los bordes de la tira en el segundo plano de medición óptico.

De modo conocido, por medio de las bobinas exploradoras 10, 12 del dispositivo de medición inductivo se mide en el 30 plano de medición inductivo la posición del conductor. Para ello se pasan los resultados de medición correspondientes de las bobinas exploradoras 10, 12 a través de un amplificador 26 al dispositivo de evaluación 20, que a partir de los datos de medición determina la posición del conductor en el plano de medición inductivo. Adicionalmente, por medio del primer dispositivo de medición óptico 16, y por medio del segundo dispositivo de medición óptico 18 se mide respectivamente la posición de la tira en el primer plano de medición óptico o bien en el 35 segundo plano de medición óptico. Esto puede suceder de modo conocido por medio de un análisis de borde de difracción de los bordes de sombras de la tira 28 reproducidos sobre los sensores ópticos de los dispositivos de medición ópticos, tal y como se describe, por ejemplo, en el documento EP 0 924 493 B1. El dispositivo de evaluación 20 determina a partir de las posiciones de la tira determinadas por medio del primer y del segundo dispositivo de medición óptico 16, 18 en el primer o bien en el segundo plano de medición óptico una posición de la 40 tira en el plano de medición inductivo. A partir de ello, a su vez, el dispositivo de evaluación 20 determina, del modo conocido, la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

En el ejemplo mostrado en la Figura 1 está representada una tira con el símbolo de referencia 28. En la representación exagerada por razones ilustrativas, la tira 28 transcurre ciertamente a lo largo de una recta, si bien ésta transcurre inclinada respecto a la dirección de transporte 14 realmente prevista. En el ejemplo de medición 45 mostrado en la Figura 1 se determinan por medio de los primeros y los segundos dispositivos de medición ópticos posiciones inclinadas de la tira 28, que en el ejemplo representado están dispuestas a lo largo de una recta. En este estado de medición se puede determinar la posición de la tira 28 en el plano de medición inductivo, por ejemplo, por medio de la interpolación entre las posiciones inclinadas medidas. La situación de medición representada en la Figura 1 también se puede llevar a cabo fundamentalmente con dispositivos del estado de la técnica.

55 La Figura 2 muestra, por el contrario, una situación de medición que en el caso de sistemas convencionales lleva a un error de medición indefinido. En la Figura 2 se puede reconocer que la tira 28 posee un pandeo representado de modo exagerado, de nuevo, por razones ilustrativas, y con ello una curvatura. Tal y como se ha explicado anteriormente, esto no se puede evitar en la práctica. En el ejemplo mostrado en la Figura 2 están dispuestos

elementos de apoyo no mostrados, que apoyan la tira 28 de modo condicionado por la instalación, a distancias mayores que pocos metros, por ejemplo rodillos de apoyo, con simetría especular respecto al plano de medición inductivo. Gracias a ello se consigue que el pandeo máximo de la tira 28 se encuentre en la región del plano de medición. Tal y como se puede ver directamente a partir de la representación de la Figura 2, el primer y el segundo 5 dispositivos de medición ópticos miden, a su vez, respectivamente, una posición inclinada o bien una curvatura referida a la dirección de transporte 14 deseada real. La pregunta de si los dispositivos de medición ópticos pueden diferenciar entre una posición inclinada y una curvatura depende, tal y como se ha explicado anteriormente, de la resolución local de los dispositivos de medición. El pandeo de la tira 28 lleva a resultados de medición de los dispositivos de medición ópticos que están reflejados en relación al plano de medición inductivo.

- 10 Para la evaluación se puede realizar mediante cálculo una radial o una perpendicular respecto a las secciones curvadas o inclinadas medidas por los dispositivos de medición ópticos, y se puede determinar un punto de corte de estas perpendiculares o radiales como centro de un círculo. Las perpendiculares o radiales están mostradas en la Figura 2 con los símbolos de referencia 30, 32. El círculo se selecciona partiendo de este centro de tal manera que 15 las secciones inclinadas o curvadas medidas por los dispositivos de medición ópticos conformen segmentos del círculo o cuerdas en el círculo. A continuación se determina igualmente por parte del dispositivo de evaluación 20 un diámetro o un radio del círculo. Partiendo de esta base se puede determinar, teniendo en cuenta el pandeo máximo en la región del plano de medición inductivo, una posición de la tira corregida a partir del pandeo en el plano de medición inductivo. Esta posición corregida de la tira conforma la base para la determinación de la centralidad del 20 conductor en el envoltorio aislante realizada igualmente por medio del dispositivo de evaluación 20.

En las Figuras 3 y 4 está representada una situación de medición que se corresponde en su mayor parte con la situación de medición mostrada en la Figura 2 y explicada anteriormente. A diferencia de la situación de medición de la Figura 2, en el ejemplo de las Figuras 3 y 4, la curvatura máxima o bien el pandeo máximo de la tira 28, sin 25 embargo, no está en la región del plano de medición inductivo, sino que está desplazado lateralmente respecto a éste, en particular lateralmente junto al eje central perpendicular a la dirección de transporte 14 del cabezal de medición inductivo. El centro 34 de un círculo conformado a partir de las perpendiculares o radiales 30, 32 se encuentra, así pues, igualmente desplazado lateralmente respecto al plano de medición inductivo. En la Figura 3, las perpendiculares y/o las radiales 30, 32 muestran el radio de curvatura de la tira 28. Las cuerdas respecto al círculo 30 conformado se pueden reconocer en las Figuras 3 y 4 con los símbolos de referencia 31 y 33. Sobre estas cuerdas 31, 33, las perpendiculares y/o radiales 30, 32 se encuentran respectivamente bajo un ángulo de 90°. En las Figuras 3 y 4 también se pueden reconocer dos filas de sensores 36, 38 y 40, 42 de los dispositivos de medición ópticos 16 y 18 orientadas perpendicularmente respecto a la dirección de transporte 14 de la tira 28. Las cuerdas 31, 33 se han 35 conformado en este caso entre las líneas de sensores 36 y 38 o bien 40 y 42. En lugar de las cuerdas 31, 33 también se pueden instalar en el punto de corte de las perpendiculares y/o radiales 30, 32 tangentes en la curvatura 40 de la tira 28. El símbolo de referencia 44 muestra el centro geométrico entre los dispositivos de medición ópticos 16, 18 que se correspondería con la posición de la tira 28 entre los dispositivos de medición ópticos 16, 18 si la tira 28 no estuviera curvada. Como consecuencia de la curvatura, la posición real de la tira 28 se desvía sin embargo respecto al centro geométrico 44, tal y como se ve con el símbolo de referencia 46. Este error de medición se compensa de modo conforme a la invención.

En la Figura 5, por razones ilustrativas se muestra de modo muy esquemático otra situación de medición, en la que la tira 28 no posee ningún pandeo en la región de los dispositivos de medición (región de medición de los dispositivos de medición ópticos e inductivos en la Figura 5 de modo esquemático con el símbolo de referencia 48), 45 sino un abombamiento hacia arriba, condicionado por medio de la disposición de los rodillos de apoyo 50 que apoyan la tira 28. De este modo, la Figura 5 muestra, junto a los rodillos de apoyo 50 (exteriores) previstos habitualmente y, por ejemplo, en las realizaciones de las Figuras 1 a 4, otros rodillos de apoyo 50 (interiores) que están dispuestos relativamente a poca distancia por delante y por detrás de la región de medición 48 de los dispositivos de medición ópticos e inductivos. Estos rodillos de apoyo 50 adicionales pueden llevar hacia arriba 50 respecto al abombamiento de la tira 28 que se puede reconocer en la Figura 5. También se puede solucionar una situación de medida de este tipo de modo conforme a la invención de manera segura y fiable.

Además de errores geométricos, tal y como se representa en las Figuras 1 a 5, con la curvatura del conductor se originan errores de medición adicionales, ocasionados por una compresión de las intensidades de campo 55 magnéticas medidas por los sensores inductivos en la dirección de la curvatura. Debido a ello, las mediciones de los sensores inductivos están sometidas a un error de medición adicional generado por medio de la curvatura del conductor. La Figura 6 muestra una relación entre el radio de curvatura de una tira combada y el error de medición que se origina con una determinación convencional de la centralidad del conductor en el envoltorio aislante. Se ha de reconocer que el error de medición representado en  $\mu\text{m}$  en las ordenadas aumenta exponencialmente a medida

que se reduce el radio de curvatura representado en metros en las abscisas. Tal y como se ha explicado al comienzo, los radios de curvatura de 10 m son perfectamente realistas. El error de medición representado resulta a partir de la base de una determinación inductiva de la posición del conductor según la ley de Biot-Savart. Se toma como base un sensor inductivo con una superficie sensorial de 16 mm (anchura) x 6 mm (altura) con una distancia entre el borde inferior del sensor y el dispositivo de transporte 14 que define el eje del cabezal de medición de 10 mm. También este tipo de errores de medición se pueden evitar de modo fiable con el procedimiento conforme a la invención o bien con el dispositivo conforme a la invención y con el reconocimiento que con ellos se consigue de una curvatura del conductor.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante, en el que la tira (28) conformada por medio del conductor con su envoltorio aislante se mueve a lo largo de la dirección de transporte (14), comprendiendo los siguiente pasos:

- en un plano de medición inductivo se mide la posición del conductor por medio de un dispositivo de medición inductivo,

10 - en un primer plano de medición óptico que se encuentra en la dirección de transporte (14) de la tira (28) por delante del plano de medición inductivo, se determina por medio de al menos un primer dispositivo de medición óptico (16) la posición de la tira (28),

15 - en un segundo plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte (14) de la tira (28) por detrás del plano de medición inductivo, se determina por medio de al menos un segundo dispositivo de medición óptico (18) la posición de la tira (28),

- las posiciones determinadas en el primer y en el segundo plano de medición óptico de la tira (28) se relacionan entre ellas de tal manera que resulta la posición de la tira (28) en el plano de medición inductivo, y

20 - a partir de esta posición resultante de la tira (28) en el plano de medición inductivo, y a partir de la posición determinada del conductor en el plano de medición inductivo se determina la centralidad del conductor en un envoltorio aislante,

25 - realizándose en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico una medición óptica con resolución local, por un lado perpendicular a la dirección de transporte, y por otro lado en la dirección de transporte, de tal manera que se reconoce una posición inclinada y/o una curvatura de la tira (28) respecto a la dirección de transporte (14), en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, teniéndose en cuenta una posición inclinada y/o una curvatura de este tipo en la determinación de la centralidad del 30 conductor en el envoltorio aislante.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en el primer plano de medición óptico y en el segundo plano de medición óptico se realiza, en cada uno de ellos, una medición óptica con resolución local de tal manera que se reconoce una posición inclinada y/o una curvatura de la tira respecto al dispositivo de transporte, 35 en particular en el primer plano de medición óptico y en el segundo plano de medición óptico.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque tomando como base una posición inclinada y/o una curvatura de la tira (28) reconocida en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico respecto a la dirección de transporte (14) se realiza una posición corregida de 40 la tira (28) en el plano de medición inductivo, a partir de la cual se determina la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a partir de la medición óptica realizada en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico se 45 determina un radio de curvatura o un diámetro de curvatura de la tira (28), a partir del cual se realiza la posición corregida de la tira (28) en el plano de medición inductivo.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el radio de curvatura o diámetro de curvatura de la tira (28) se determina conformando un círculo respecto al cual en el primer plano de medición óptico 50 y/o en el segundo plano de medición óptico las curvaturas de la tira (28) reconocidas conforman segmentos de arco circular, seleccionándose como radio de curvatura o como diámetro de curvatura el radio o el diámetro del círculo correspondiente.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque como centro del círculo se selecciona 55 un punto de corte de dos radiales respecto a las curvaturas reconocidas de la tira (28) en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado porque se determina el radio de curvatura o el diámetro de curvatura con una posición inclinada de la tira (28) reconocida en el primer plano de

medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, realizándose para ello, respectivamente, una perpendicular sobre las posiciones inclinadas determinadas de la tira (28), y seleccionándose el punto de corte de las perpendiculares como centro de un círculo, respecto al cual las posiciones inclinadas determinadas de la tira (28) conforman tangentes o cuerdas, seleccionándose como radio de curvatura o diámetro de curvatura el radio o 5 diámetro de este círculo.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el plano de medición inductivo y/o el primer plano de medición óptico y/o el segundo plano de medición óptico se encuentran perpendiculares respecto a la dirección de transporte (14) de la tira (28).

10

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tira (28) está apoyada a lo largo de su dirección de transporte (14) por medio de varios elementos de apoyo, preferentemente varios rodillos de apoyo, estando dispuestos los elementos de apoyo situados inmediatamente antes y después del plano de medición inductivo presentando simetría espectral respecto al plano de medición inductivo.

15

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un primer dispositivo de medición óptico (16) y/o el al menos un segundo dispositivo de medición óptico (18) comprenden al menos una fuente de radiación óptica y al menos un sensor óptico con resolución local bidimensional.

20

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo de medición inductivo comprende al menos dos bobinas exploradoras (10, 12) inductivas, que están dispuestas en el plano de medición inductivo por parejas entre ellas.

25

12. Dispositivo para la medición de la centralidad de un conductor en un envoltorio aislante, en el que la tira (28) conformada por medio del conductor con su envoltorio aislante se mueve a lo largo de una dirección de transporte (14), comprendiendo:

- un dispositivo de medición inductivo dispuesto en un plano de medición inductivo para la determinación de la 30 posición del conductor en el plano de medición inductivo,

- al menos un primer dispositivo de medición óptico (16) dispuesto en un primer plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte (14) de la tira por delante del plano de medición inductivo, para la determinación de la posición de la tira (28) en el primer plano de medición óptico,

35

- al menos un segundo dispositivo de medición óptico (18) dispuesto en un segundo plano de medición óptico, que se encuentra en la dirección de transporte (14) de la tira (28) por detrás del plano de medición inductivo, para la determinación de la posición de la tira (28) en el segundo plano de medición óptico,

40

- un dispositivo de evaluación (20), que está conformado para relacionar entre ellas las posiciones de la tira (28) determinadas en el primer y en el segundo plano de medición óptico, de tal manera que resulte una posición de la tira (28) en el plano de medición inductivo, y para determinar a partir de esta posición resultante de la tira (28) en el plano de medición inductivo y a partir de la posición del conductor determinado en el plano de medición inductivo la centralidad del conductor en el envoltorio aislante,

45

- en el que el al menos un primer dispositivo de medición óptico (16) y/o el al menos un segundo dispositivo de medición óptico (18) están conformados de tal manera que llevan a cabo en el primer plano de medición óptica y/o en el segundo plano de medición óptica una medición óptica con resolución local, por un lado de modo perpendicular a la dirección de transporte, y por otro lado en la dirección de transporte, de tal manera que se reconozca una posición inclinada y/o una curvatura de la tira (28) respecto a la dirección de transporte (14) en el primer plano de medición óptico y/o en el segundo plano de medición óptico, y en el que el dispositivo de evaluación (20) además esté conformado para tener en cuenta una posición inclinada y/o curvatura de este tipo en la determinación de la centralidad del conductor en el envoltorio aislante.

55

13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado porque el dispositivo de evaluación (20) además está conformado para llevar a cabo el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado porque el plano de medición inductivo y/o el primer plano de medición óptico y/o el segundo plano de medición óptico se encuentran

perpendiculares a la dirección de transporte (14) de la tira (28).

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque además están previstos varios elementos de apoyo, preferentemente varios rodillos de apoyo, que apoyan la tira (28) a lo largo de su dirección de transporte (14), estando dispuestos los elementos de apoyo situados inmediatamente antes y después del plano de medición inductivo presentando simetría espectral respecto al plano de medición inductivo.

16. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizado porque el al menos un primer dispositivo de medición óptico (16) y/o el al menos un segundo dispositivo de medición (18) comprenden al menos una fuente de radiación óptica y al menos un sensor óptico con resolución local bidimensional.

17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizado porque el dispositivo de medición inductivo comprende al menos dos bobinas exploradoras (10, 12) inductivas que están dispuestas en el plano de medición inductivo por parejas entre ellas.

15

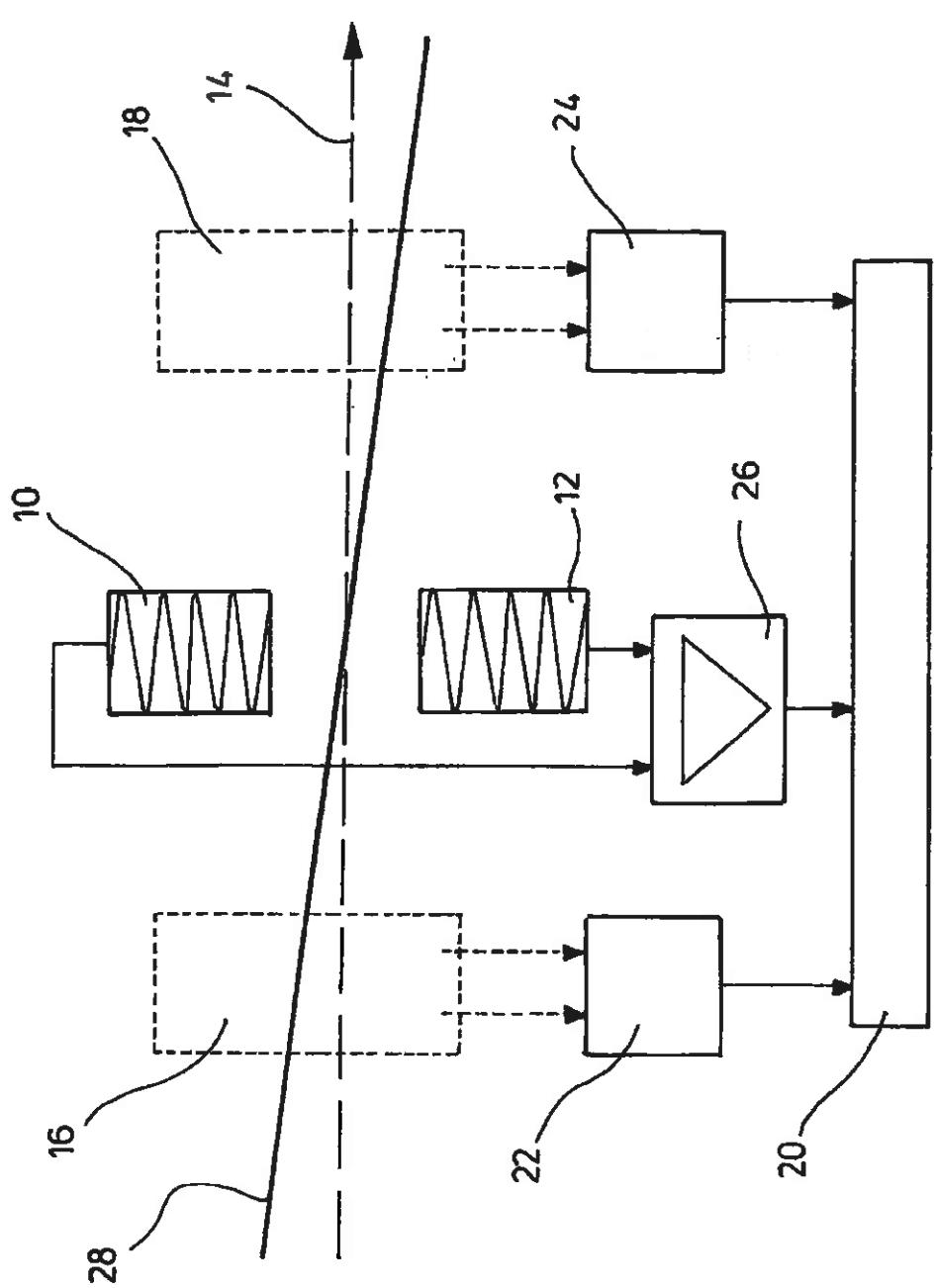


FIG.1

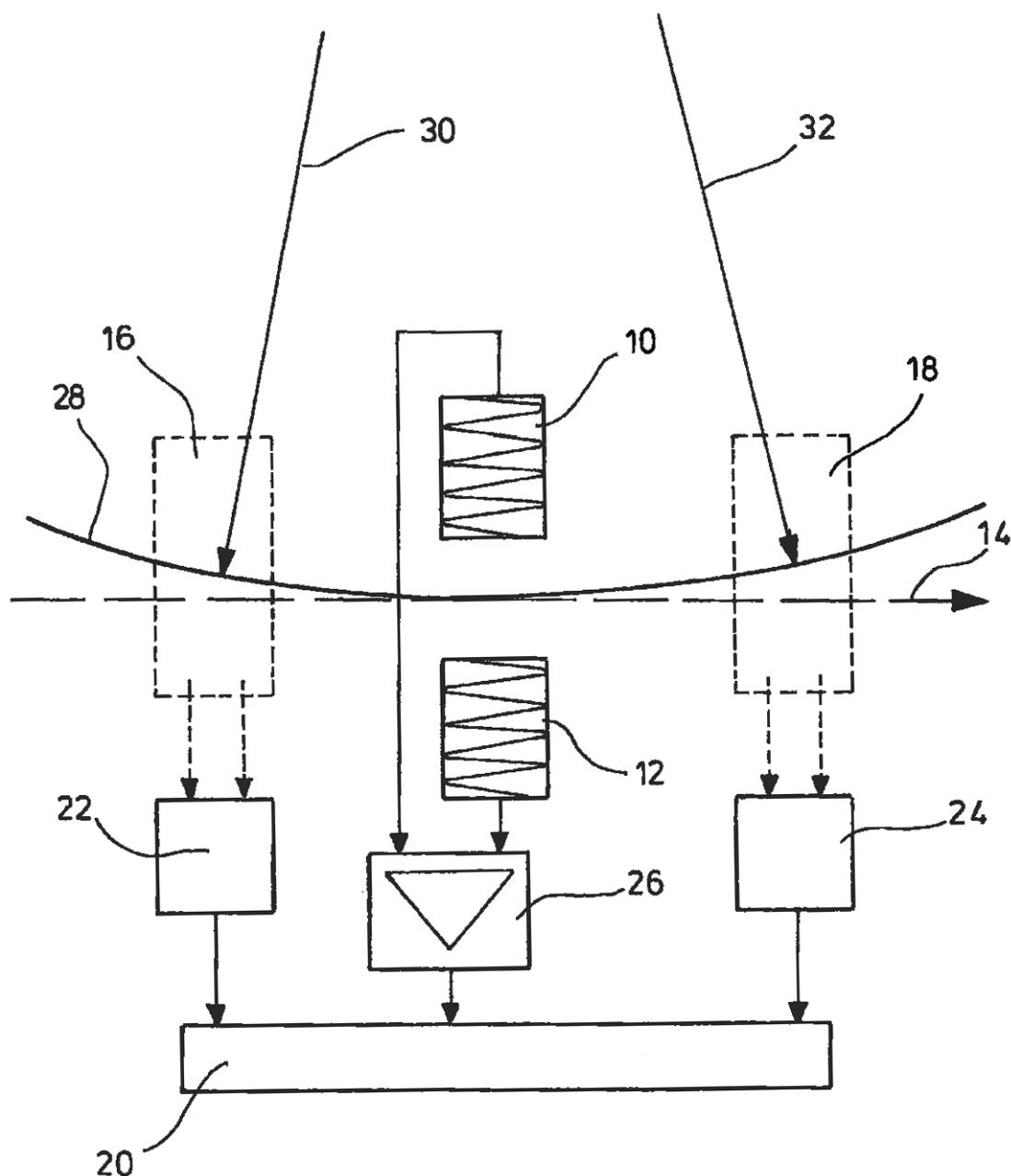


FIG.2

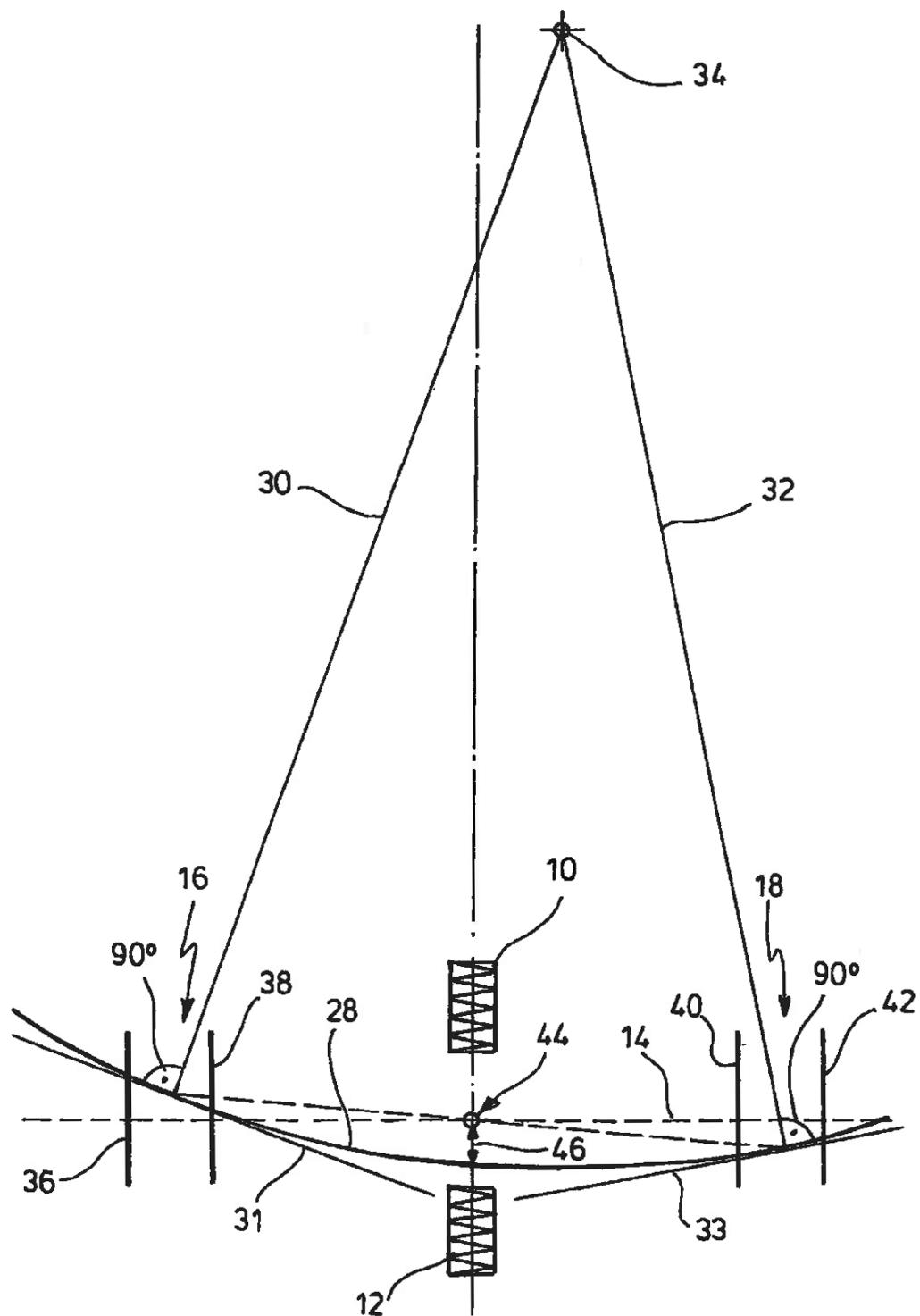


FIG.3

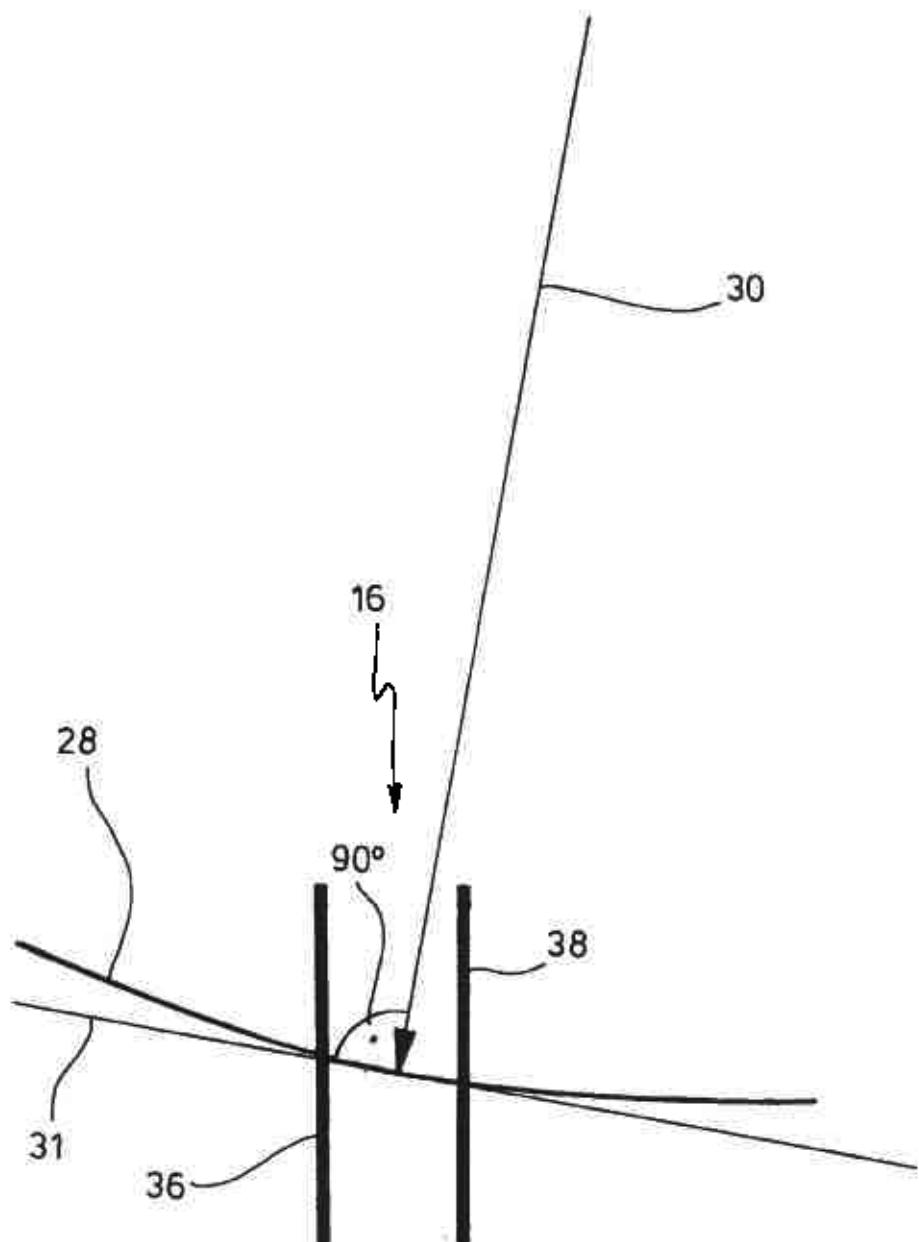
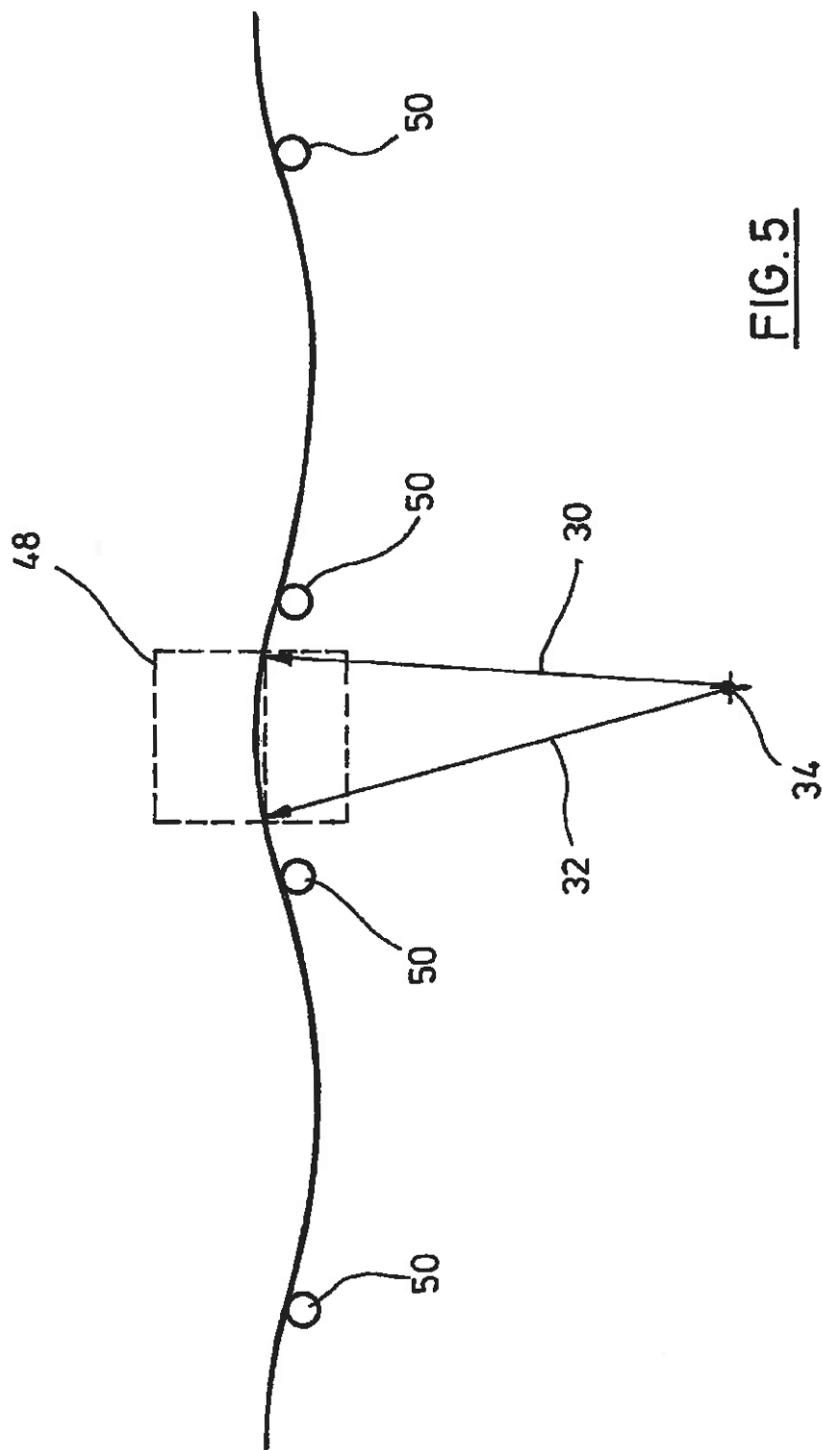


FIG.4



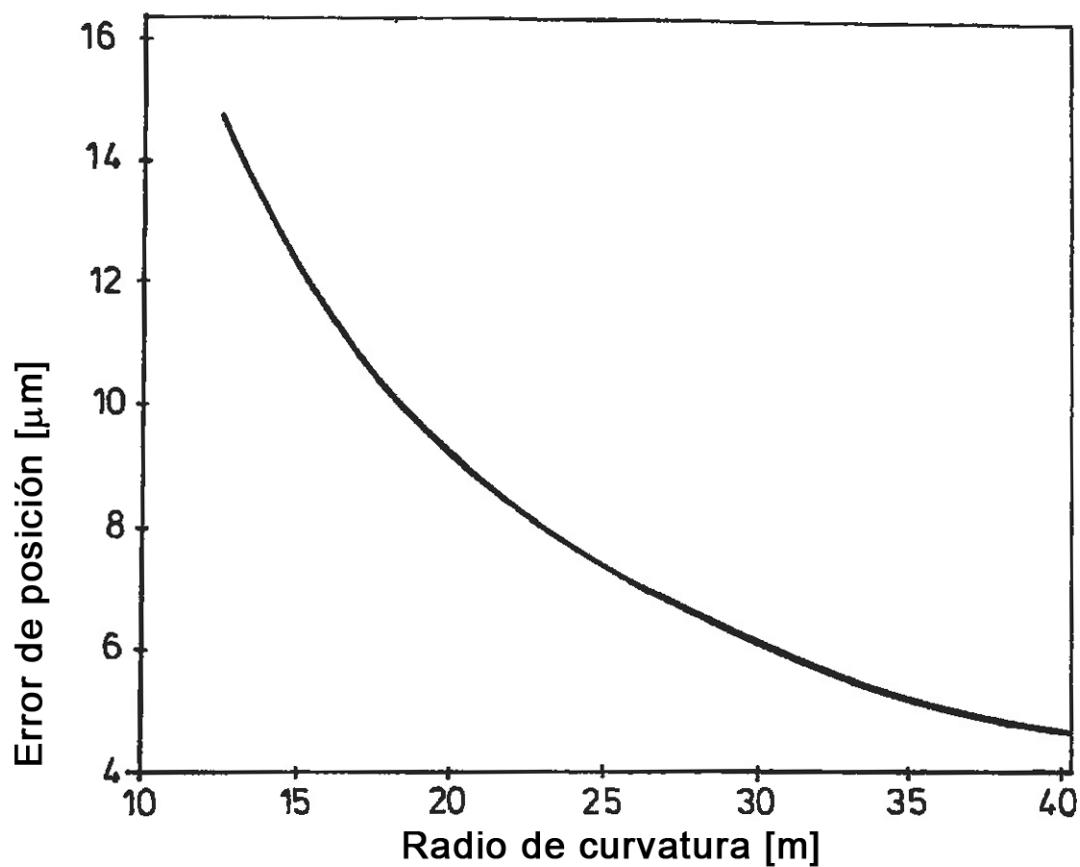


FIG. 6